

平成 26 年度工学系共通経費による顕彰と研究助成 成果報告書

所属	建築学専攻
研究者(ふりがな)	箕輪 健一 (みのわ けんいち)
タイトル	シェル・空間構造物の動特性推定および耐震性向上
助成名	新任助教研究助成
採択金額	1,000,000 円

研究の背景

東日本大震災等の近年の大地震において体育館等を構成するシェル・空間構造物に屋根・照明の落下等の被害が報告されている。将来的にも大規模な地震が高い確率で発生することが予想されているため、集客地や防災拠点として利用され社会的に重要な施設であるシェル・空間構造物に対して、特別早急な構造安全性の向上が望まれている。構造物の耐震性を高めるためには制振システムの適用が考えられるが、制振システムを適用するには構造物の正確な動特性が既知であることが前提となる。

そこで本研究では、シェル・空間構造物を対象としたシステム同定による動特性の推定方法を確立することで、耐震性能の向上に貢献するシステムの構築を目的とする。また併せて、シェル・空間構造物の耐震性を向上させる効率的かつ実践的な制振技術の適用方法を提案する。

結果と考察

まず、固有周期が近接した複数のモードを有するシェル・空間構造物を対象とした動特性の推定方法を確立するために、図 1 に示す二層円筒ラチスシェルを対象に、モード解析型多入力多出力 ARX モデルを用いたシステム同定により動特性の推定を行った。ここで、構造物の応答を計測する箇所が動特性の推計結果に与える影響を把握するために、センサ配置位置をパラメータとして同定を行っている。その結果、図 2 に示すように、有効質量比の小さいモードの影響を受けにくくするようにセンサ配置位置を設定した場合に、主要なモードの刺激関数を他のモードと比べて相対的に大きく推定できることを確認した。

そこで本研究では、センサ配置位置の設定に最適化を用いることを提案している。図 3 に 6 節点上にセンサを最適配置して推定した伝達関数を示す。この結果、サンプリング周期 Δt の 3 倍程度の範囲まで精度良く推定可能であることがわかる。なお、観測ノイズや形状初期不整が動特性の推定結果に与える影響についても分析し、最適配置を用いて推定した場合にはこれらの影響は小さいことを確認している。

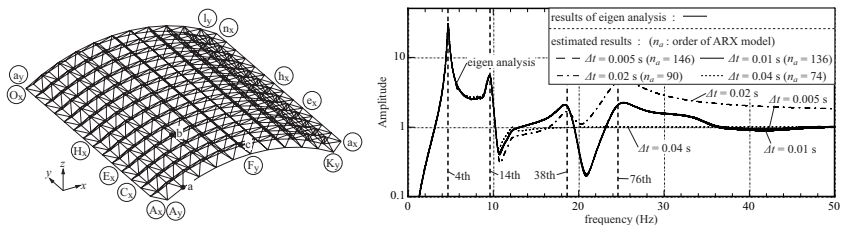


図 1 二層円筒ラチスシェル 図 2 6 節点計測における伝達関数の推定結果

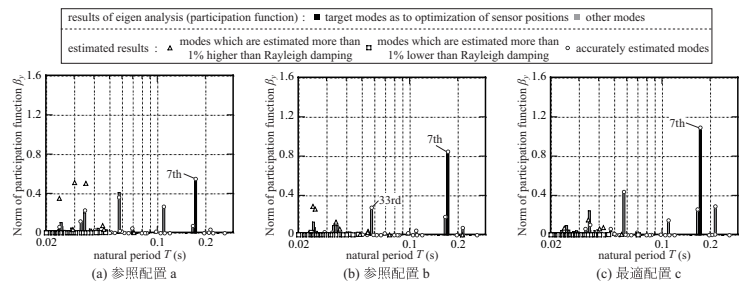


図 3 1 節点計測における刺激関数のノルムの推定結果

また、同構造物に可変減衰ダンパの減衰係数を最大値と最小値の2段階に切り替えるセミアクティブ制振を適用して地震応答の低減を試みた。図4に最大応答変位分布、図5に最大軸力分布の低減効果を適用する制振方法により比較した結果を示す。セミアクティブ制振時には、地震動に対する応答変位、部材軸力を非制御時の7割程度に低減することができている。なお、セミアクティブ制振では、アクティブ制振と同等な応答低減効果を得るためには、アクティブ制振の5から6倍程度の制御入力数を必要とすることが確認された。一方、制御により応答変位やダンパ配置位置における弦材軸力が励起する危険性は少ないため、アクティブ制振よりも考慮すべき制御対象モードを少なくすることができることが明らかになった。

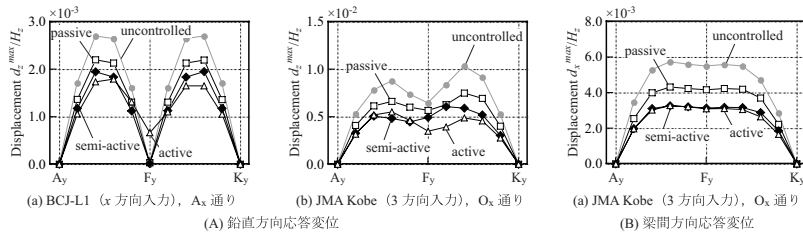


図4 最大応答変位分布

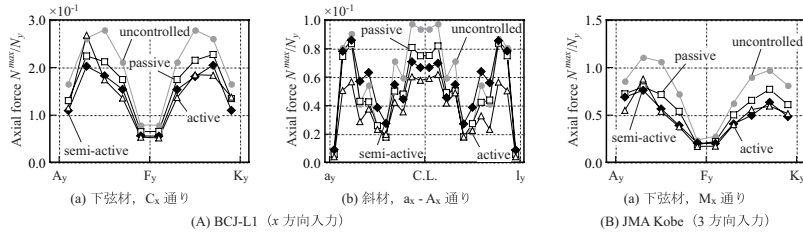


図5 最大軸力分布

結論と今後の課題

本研究では二層円筒ラチスシェルを対象に、有効質量比の小さいモードの影響を受けにくくするように最適化したセンサ配置位置によりシステム同定を行うことで、固有周期が近接したモードを含め有効質量比の大きいモードを精度良く推定できることを示した。また、同構造物にセミアクティブ制振を適用することで、地震波に対する最大応答変位および最大軸力を7割程度に低減可能であることを明らかにした。今後は、これらのシステムを融合かつ発展することで、様々な条件下においても構造安全性を向上することのできる総合的な防災システムを確立していく予定である。

使用内訳書

費目	内訳	金額
備品1	Apple Mac Pro	366,984
備品2		
消耗品	小型高応答2軸加速度計, 生球, 長ねじ等	633,016
旅費		
その他		
合計		1,000,000

記入上の注意:

備品は、品名ごとに記入。
 差額が生じた場合は、消耗品で調整。
 消耗品を購入しなかった場合は、経費の差額と補填した予算科目名を合計額の内訳欄に記入。